Die Nephrologie
vormals Der Nephrologe



Nephrologie 2023 · 18:203–212
https://doi.org/10.1007/s11560-023-00659-1
Angenommen: 11. Mai 2023
Online publiziert: 13. Juni 2023
© Der/die Autor(en) 2023

**Redaktion**
Jens Lutz, Bremen
Nils Heyne, Tübingen

# Klimawandel ganz nah: Hitzewellen

## Auswirkungen und Vorbeugung

N. Nidens[1] · V. Huber[2,3] · F. Matthies-Wiesler[1,2] · A. Schneider[2]

[1] KLUG – Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e. V., Berlin, Deutschland

[2] Institut für Epidemiologie, Helmholtz Zentrum München – Deutsches Forschungszentrum für Gesundheit und Umwelt (GmbH), Neuherberg, Deutschland

[3] Institut für Medizinische Informationsverarbeitung, Biometrie und Epidemiologie (IBE), Lehrstuhl für Epidemiologie, LMU München, Neuherberg, Deutschland

## In diesem Beitrag

- Klimawandelfolgen in Deutschland
- Auswirkungen von Hitze auf die Gesundheit
- Akute hitzebedingte Nierenerkrankungen
- Chronische Nierenerkrankungen als mögliche Folge des Klimawandels
- Medikamenteneinnahme bei Hitze
- Luftverschmutzung, Lufttemperatur und weitere Umweltfaktoren im Zusammenspiel bei Nierenpatient:innen
- Die Rolle der Nephrolog:innen
- Aus-, Fort- und Weiterbildung im Fachbereich

**Zusammenfassung**

**Hintergrund:** Zunehmende Temperaturextreme und Hitzewellen stellen eines der wichtigsten klimawandelbedingten Gesundheitsrisiken für Menschen in Deutschland dar. Sie haben Auswirkungen auf die Mortalität und Morbidität, den Schwangerschaftsverlauf sowie die mentale Gesundheit. Zu den besonders gefährdeten Bevölkerungsgruppen zählen ältere Menschen, Vorerkrankte sowie Säuglinge, Schwangere und Personen, die im Freien körperlich schwer arbeiten oder Sport treiben. Obwohl sich die Mehrheit der hitzebedingten Sterbefälle auf kardiovaskuläre und respiratorische Erkrankungen zurückführen lässt, sind auch nierenbedingte Todesursachen möglich.
**Problemstellung:** Während Hitzewellen steigt das Risiko für nierenbedingte Morbidität und Mortalität an. Insbesondere treten akute Nierenschädigungen, Harnsteine, Elektrolytentgleisungen und Harnwegsinfektionen auf. Auch chronische Nierenerkrankungen werden als eine mögliche Folge des Klimawandels diskutiert. Für Nierenpatient:innen stellt das Zusammenspiel von Hitze, Luftschadstoffen und anderen Umweltfaktoren eine besondere Belastung dar.
**Schlussfolgerung:** Nephrolog:innen können durch hitzespezifische Beratung und Behandlung maßgeblich zum Schutz von vulnerablen Patient:innen beitragen. Es ist daher wichtig, dass sie sich entsprechend informieren und weiterbilden und so Hitzeschutzmaßnahmen zum Schutz ihrer Patient:innen und Mitarbeiter:innen in Praxen und Kliniken adäquat umsetzen können.

**Schlüsselwörter**
Temperaturextreme · Gefährdete Bevölkerungsgruppen · Nierenerkrankungen · Gesundheitsbezogene Hitzeschutzmaßnahmen · Gesundheitsrisiko

**Die zunehmende Hitzeexposition ist eine der wichtigsten klimawandelbedingten Gesundheitsgefahren in Deutschland. V. a. für ältere Menschen und chronisch Vorerkrankte ist Hitze mit einem Gesundheitsrisiko verbunden. Während Hitzewellen steigt das Risiko für Nierenerkrankungen wie akute Nierenschädigungen, Urolithiasis und Harnwegsinfektionen an, auch die durch Nierenerkrankungen bedingte Mortalität nimmt zu. Für Nierenpatient:innen stellt das Zusammenspiel von Hitze, Luftschadstoffen und anderen Umweltfaktoren eine besondere Belastung dar. Nephrolog:innen können durch hitzespezifische Beratung und Behandlung zum Schutz von vulnerablen Patient:innen beitragen.**

QR-Code scannen & Beitrag online lesen

## Klimawandelfolgen in Deutschland

Durch den menschlichen Eingriff in das planetare Klimasystem ist die globale Mitteltemperatur seit dem 19. Jahrhundert um 1,2 °C angestiegen [1]. Deutschland hat sich in derselben Zeit bereits um mehr als 2 °C im Mittel erwärmt [2]. Entsprechend aktuellen Entwicklungen der globalen Treibhausgasemissionen bewegt sich die Welt auf eine Erwärmung von ungefähr 3 °C bis Ende des 21. Jahrhunderts zu [3]. Für Deutschland würde dies einen Anstieg der mittleren Temperaturen von bis zu 6 °C bedeuten [2].

Der Hitzerekordsommer von 2003, der zum ersten Mal in Europa zu Zehntausenden von hitzebedingten Sterbefällen führte [4], wäre ohne eine erhöhte Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Temperaturextremen bzw. eine Erhöhung der Temperaturvariabilität, ausgelöst durch den menschengemachten Klimawandel, nicht zu erklären [5].

» Durch den Klimawandel kommt es in Deutschland zu häufigeren, längeren und intensiveren Hitzewellen

Entsprechend diesen Entwicklungen werden inzwischen auch in Deutschland Spitzentemperaturen von über 40 °C erreicht, im Juli 2022 beispielweise mit dem Allzeitrekord an der Wetterstation Hamburg-Neuwiedenthal von 40,1 °C [6]. Gepaart sind diese extrem hohen Temperaturen während des Tages zunehmend mit sog. Tropennächten, in denen die Minimaltemperaturen nicht unter 20 °C fallen. Tropennächte sind in Deutschland bisher immer noch selten, mit durchschnittlich weniger als 4 pro Jahr [7]. Bis zur Mitte des Jahrhunderts könnten bei weiterhin ungebremstem Klimawandel im Südwesten und Osten Deutschlands bis zu 20 Tropennächte pro Jahr verzeichnet werden [7].

## Auswirkungen von Hitze auf die Gesundheit

Die zunehmende Hitzeexposition stellt eines der wichtigsten Gesundheitsrisiken des Klimawandels in Deutschland dar. Es ist inzwischen wissenschaftlich bestens belegt, dass hohe Lufttemperaturen Auswirkungen auf die Mortalität [8, 9], die Morbidität (z. B. Rettungsdienstrufe, Krankenhauseinweisungen; [10, 11]), den Schwangerschaftsverlauf [12] und die mentale Gesundheit haben [13]. Auch die pathophysiologischen Mechanismen, die den beobachteten Assoziationen zugrunde liegen, werden immer besser verstanden [14]. Üblicherweise ist der körperliche Hitzestress dadurch bedingt, dass es zu einer Dehydrierung aufgrund verstärkter Schweißproduktion und zu einer (Über-)Anstrengung des Herz-Kreislauf-Systems aufgrund einer Erweiterung der kutanen Blutgefäße und einhergehender Veränderung der Durchblutung kommt.

Besonders vulnerabel gegenüber Hitzeexposition sind ältere Menschen, Menschen mit Vorerkrankungen und Kleinkinder (**Tab. 1**). Nur ein Bruchteil der jährlich beobachteten hitzebedingten Mortalität lässt sich durch Fälle von akutem Hitzschlag erklären. Todesursachenspezifische Untersuchungen ergeben, dass sich die Mehrheit der hitzebedingten Sterbefälle auf kardiovaskuläre und respiratorische Vorerkrankungen zurückführen lässt. Ein deutlich erhöhtes hitzebedingtes Mortalitätsrisiko findet sich aber auch bei nierenbedingter Todesursache [15]. Neben hohen Temperaturen während des Tages führen auch warme Nächte nachweislich zu einem erhöhten hitzebedingten Mortalitätsrisiko [16, 17].

In den 15 größten deutschen Städten sind im Durchschnitt der letzten knapp 30 Jahren (1993–2020) gut 1,5 % der jährlichen Gesamtmortalität hitzebedingt (**Abb. 1**). Das entspricht in etwa 18 Todesfällen pro 100.000 Einwohner:innen im Jahr. Die durchschnittliche hitzebedingte Sterbefallrate in den Großstädten ist damit mehr als 4-mal so hoch wie die Sterbefallrate im Verkehr in Deutschland. In Jahren mit extremen Hitzewellen, wie zuletzt 2018, kann die hitzebedingte Mortalität 3 % der jährlichen Gesamtmortalität in den Großstädten erreichen (**Abb. 1**).

Im Durchschnitt lassen sich schon heute knapp 30 % der hitzebedingten Sterbefälle in Deutschland auf den menschengemachten Klimawandel zurückführen [20]. Bei einem Anstieg der globalen Mitteltemperatur um 3 °C könnte sich die durchschnittliche hitzebedingte Mortalität in Deutschland verdreifachen [21]. Schon in einer um durchschnittlich 2 °C wärmeren Welt könnte ein extremer Sommer, wie er nur 1-mal in 100 Jahren auftritt, eine hitzebedingte Mortalität von bis zu 10 % der Gesamtmortalität in Deutschland herbeiführen [22].

Aus räumlichen Querschnittstudien ist bekannt, dass sich die Bevölkerung bezüglich Hitze an das lokale Klima anpassen kann. So liegt beispielsweise die Tagesmitteltemperatur, bei der in Berlin das geringste hitzebedingte Mortalitätsrisiko verzeichnet wird, bei derzeit etwa 19 °C [21], während es in Madrid 24 °C sind [23]. Es herrscht jedoch Unsicherheit darüber, ob die diesen Beobachtungen zugrunde liegenden Anpassungsprozesse mit dem Klimawandel Schritt halten können.

## Akute hitzebedingte Nierenerkrankungen

Hohe Außentemperaturen und Hitzewellen sind mit einer Beeinträchtigung der Nierenfunktion und dem Auftreten von Nierenerkrankungen verbunden. Während Hitzewellen gehören Nierenfunktionsstörungen zu den häufigsten Ursachen für Hospitalisierungen [24]. Eine Metaanalyse zeigte, dass pro Temperaturanstieg um 1 °C das Risiko für nierenbezogene Morbidität um 1 % und das für nierenbezogene Mortalität um 3 % steigt [25]. Auch während Hitzewellen erhöht sich das Risiko für Nierenerkrankungen, wobei das Risiko mit der Intensität der Hitzewelle zunimmt [25]. Auch in einer kürzlich erschienen Studie, in der über 1 Mio. Notaufnahmevorstellungen aufgrund von Nierenerkrankungen analysiert wurden, waren Hitzetage mit einem höheren Risiko für Vorstellungen in der Notaufnahme assoziiert [26]. Interessanterweise war dieser Zusammenhang in den Übergangsmonaten, insbesondere im Mai, am stärksten, was auf eine nicht ausreichende physiologische und Verhaltensanpassung zu Beginn der Hitzesaison hinweisen könnte.

Auch für Patient:innen mit terminalem Nierenversagen („end-stage renal disease", ESRD) ist Hitze mit einem erhöhten Risiko für Krankenhauseinweisungen und Mortalität verbunden, insbesondere für solche, die an Komorbiditäten wie Herzinsuffizienz, chronisch-obstruktiver Lungenerkran-

Hier steht eine Anzeige.

Springer

**Tab. 1** Vulnerable Risikogruppen für hitzebedingte Gesundheitsschäden [18, 19]

| Kategorie | Risikogruppe |
|---|---|
| Physiologische Anpassungskapazität | Menschen über 65 Jahren |
| | Säuglinge und Kleinkinder |
| | Schwangere |
| Vorerkrankungen | Kardiovaskuläre Erkrankungen (z. B. arterielle Hypertonie, koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz) |
| | Zerebrovaskuläre Erkrankungen (z. B. Schlaganfall) |
| | Respiratorische Erkrankungen (z. B. COPD, Asthma bronchiale) |
| | Stoffwechselerkrankungen (z. B. Diabetes mellitus) |
| | Neurologische Erkrankungen (z. B. Morbus Parkinson) |
| | Psychische Erkrankungen (z. B. Depression, Schizophrenie, Drogenabhängigkeit) |
| | Nierenerkrankungen (z. B. Niereninsuffizienz) |
| | Übergewicht und Adipositas |
| | ***Einnahme von bestimmten Medikamenten zur Behandlung der genannten Erkrankungen, z. B.***<br>– Antiadrenergika<br>– anticholinerge Arzneimittel (z. B. Antipsychotika, trizyklische Antidepressiva, Anti-Parkinson-Mittel, Antihistaminika)<br>– Antihypertensiva<br>– Anxiolytika und Muskelrelaxanzien<br>– Diuretika<br>– Antianginosa<br>– Antiepileptika<br>– Schmerzmittel (z. B. NSAR, Opioide)<br>– Insuline |
| Menschen mit Behinderung | Körperliche Behinderungen (z. B. Rückenmarkverletzungen) |
| | Geistige Behinderungen |
| Funktionelle Einschränkungen | Bettlägerigkeit |
| | Unterbringung in Pflegeeinrichtung |
| Sozioökonomische Faktoren | Alleinstehende Menschen, insbesondere im hohen Alter |
| | Soziale Isolation |
| | Obdachlosigkeit |
| | Ungünstige Wohnsituation |
| Körperliche Anstrengung bei hohen Temperaturen | Im Freien Arbeitende (z. B. in der Landwirtschaft, im Bausektor) |
| | Im Freien Sporttreibende |
| | Gesundheitspersonal, v. a. in Kombination mit persönlicher Schutzausrüstung (PSA) |

*COPD* chronisch-obstruktive Lungenerkrankung, *NSAR* nichtsteroidale Antirheumatika

kung („chronic obstructive pulmonary disease", COPD) oder Diabetes mellitus leiden [27].

## » Das Risiko für Morbidität und Mortalität durch Nierenerkrankungen steigt während Hitzewellen

Hitzewellen sind mit einem vermehrten Auftreten von akuten Nierenschädigungen („acute kidney injury", AKI), Elektrolytstörungen, Urolithiasis und Harnwegsinfektionen assoziiert [25, 26, 28, 29]. Der erhöhte Flüssigkeitsverbrauch durch eine vermehrte Schweißproduktion kann zu Dehydratation führen, wenn Flüssigkeitsdefizite nicht ausgeglichen werden. Der Volumenmangel im Gefäßsystem geht zudem mit einer renalen Minderperfusion einher, die eine passagere Einschränkung der Nierenfunktion bis hin zum prärenalen akuten Nierenversagen (ANV) zur Folge haben kann [14]. Gleichzeitig beeinflusst der Hydrationsstatus die Thermoregulation, sodass u. a. eine durch Flüssigkeitsverluste eingeschränkte Schweißproduktion zu einem erhöhten Risiko für hitzebedingte Gesundheitsstörungen führen kann ([30]; ◘ **Abb. 2**).

Neben dem bereits beschriebenen dehydratationsbedingten Nierenversagen kann eine AKI auch als Komplikation eines Hitzschlags auftreten. Die Inzidenz von AKI bei Hitzschlag liegt dabei zwischen 35 und 60 % [31]. Auch bei Hitzschlag kann eine renale Minderperfusion durch hitzebedingte Hypotonie, Dehydratation und periphere Vasodilatation zu einer Nierenfunktionsstörung führen, jedoch können auch weitere pathophysiologische Mechanismen wie direkte thermische Schädigung, Rhabdomyolyse und erhöhte Blutviskosität infolge einer disseminierten intravasalen Gerinnung zur hitzschlagassoziierten AKI beitragen [32]. Eine durch Rhabdomyolyse ausgelöste AKI wird v. a. bei anstrengungsinduziertem Hitzschlag in Kombination mit einer Dehydratation beobachtet [32]. Auch wenn sich nach der akuten Krankheitsphase die Nierenfunktion wieder erholt [33] kann es in einigen Fällen im Verlauf zu einer chronischen Nierenerkrankung („chronic kidney disease", CKD) kommen [34].

Elektrolytstörungen sind durch exzessives Schwitzen möglich, können aber eben-

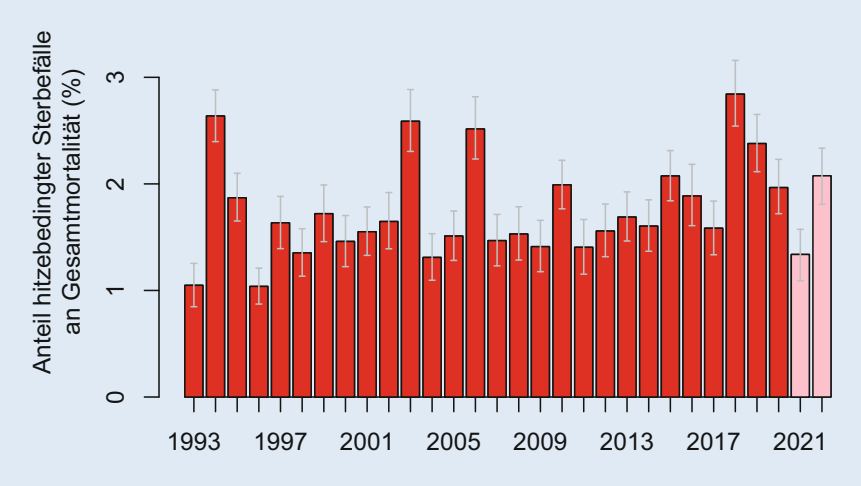


**Abb. 1** ▲ Hitzebedingte Sterbefälle als prozentualer Anteil an der jährlichen Gesamtmortalität für die Jahre 1993–2022 im Durchschnitt der 15 größten Städte in Deutschland (berücksichtigt sind ca. 18 % der deutschen Bevölkerung): Die *hellroten Balken* zeigen vorläufige Schätzungen für die Jahre 2021 und 2022, in denen zum Zeitpunkt der Analyse die registrierten täglichen Gesamtsterbefallzahlen noch nicht vorlagen; die *grauen Balken* entsprechen den 95 %-Konfidenzintervallen. (Datenquellen: Forschungsdatenzentrum der Statistischen Ämter [FDZ] und Deutscher Wetterdienst [DWD], mit freundl. Genehmigung, © V. Huber, alle Rechte vorbehalten)

falls als Folge von hitzebedingten Nierenschäden auftreten [28]. So sind Störungen des Elektrolythaushalts auch häufig mit einem Hitzschlag verbunden, wobei sich typischerweise Unterschiede zwischen klassischem und anstrengungsinduziertem Hitzschlag zeigen [32]. Bei letzterem sind Elektrolytstörungen häufig stärker ausgeprägt, möglicherweise da diese Art des Hitzschlags v. a. mit starkem Schwitzen assoziiert ist, wohingegen insbesondere ältere Menschen für einen klassischen Hitzschlag gefährdet sind und bei diesen die Fähigkeit zu schwitzen altersbedingt eingeschränkt ist [35].

Auch das Auftreten von Harnsteinen und Harnwegsinfektionen kann mit exzessivem Schwitzen bei Hitzebelastung und daraus resultierender Dehydratation zusammenhängen. Die genauen Mechanismen sind für beide Krankheitsbilder noch unklar, jedoch wird vermutet, dass eine Konzentrierung des Urins zu einer Kalziumübersättigung führen und so die Steinbildung begünstigen kann [36]. Ähnlich verhält es sich wahrscheinlich bei der Genese von hitzebedingten Harnwegsinfektionen, wo die Konzentration von Erregern in den Harnwegen durch Harnkonzentrierung, reduziertes Harnvolumen und reduzierten Harnfluss erhöht sein und so Infektionen begünstigen könnte [37].

## Chronische Nierenerkrankungen als mögliche Folge des Klimawandels

Die Evidenz für CKD im Zusammenhang mit Hitzewellen ist im Gegensatz zu akuten Nierenschäden weniger klar. Grundsätzlich bedingen sich CKD und AKI gegenseitig, CKD ist ein Risikofaktor für AKI, und AKI ist ein Risikofaktor für die Entstehung von CKD [38]. In jüngeren Jahren sind vermehrt Fälle von CKD unbekannter Herkunft (CKDu) beschrieben worden, insbesondere in Zentralamerika und Sri Lanka [39]. Die CKDu betrifft hauptsächlich arme, eher junge Feldarbeiter, die bei hohen Außentemperaturen schwere körperliche Arbeit verrichten. Die genaue Ursache der CKDu ist noch nicht geklärt, wobei eine der führenden Hypothesen die Erkrankung auf zunehmenden Hitzestress durch den Klimawandel zurückführt. Aus diesem Grund hat sich auch die Bezeichnung „Hitzestressnephropathie" eingebürgert. Im Einzelnen wird angenommen, dass zum einen wiederkehrende, subklinische AKI im Verlauf kumulativ die Nierenfunktion einschränken und somit zu CKD führen, zum anderen können CKD auch durch einzelne schwere akute Verläufe entstehen [40]. In der Tat stellen in heißen Umgebungen Arbeitende eine besondere Risikogruppe für Hitzestress und Nierenschäden dar. Eine Metaanalyse zeigte, dass diese ein 4-fach erhöhtes Risiko für Hitzestress haben gegenüber Arbeitenden unter thermoneutralen Bedingungen [41]. Bei 15 % derer, die typischerweise unter Hitzebedingungen arbeiten, treten Nierenerkrankungen oder akute Nierenschäden auf [41]. Im Fall der CKDu werden jedoch auch weitere mögliche Ursachen wie u. a. Umweltschadstoffe und Pestizide diskutiert, insbesondere für die Fälle in Südostasien [42]. Letztlich scheint auch eine multifaktorielle Genese wahrscheinlich, in der Hitzestress einen Teilaspekt darstellen kann [42].

## Medikamenteneinnahme bei Hitze

Von vielen Medikamenten wird angenommen, dass sie zur Hitzevulnerabilität beitragen (siehe auch ◘ **Tab. 1**; [18]). Einerseits können Medikamente selbst bei Hitze physikalischen Schaden nehmen, andererseits kann die Pharmakokinetik bei Hitze verändert sein (z. B. bei vorwiegend renal ausgeschiedenen Medikamenten bei dehydratationsbedingter Nierenfunktionsstörung) und so vermehrt zu unerwünschten Nebenwirkungen führen [18, 24]. Des Weiteren greifen einige Medikamente auch direkt in die Thermoregulation ein und können physiologische Anpassungsmechanismen an hohe Temperaturen beeinträchtigen [24].

» Die Einnahme von Diuretika kann zu hitzebedingten Gesundheitsschäden beitragen

Aufgrund der aktuell noch limitierten Evidenz ist es für viele Medikamentengruppen schwierig, die mögliche therapeutische Indikation gegen hitzeassoziierte Risiken und unerwünschte Arzneimittelwirkungen abzuwägen [43]. Nichtsdestotrotz kommt insbesondere der Medikamentengruppe der Diuretika eine besondere Bedeutung zu. Sie gehören zu den am häufigsten verschriebenen Medikamenten Deutschlands [43] und können unter Hitze zu Dehydratation und Elektrolytentgleisungen führen [24]. Eine US-amerikanische Studie zeigte, dass die Einnahme von Schleifendiuretika während Hitzewellen mit einer Risikoerhöhung für hitzebedingte Krankenhauseinweisungen verbunden ist [44]. Während der Hitzewelle

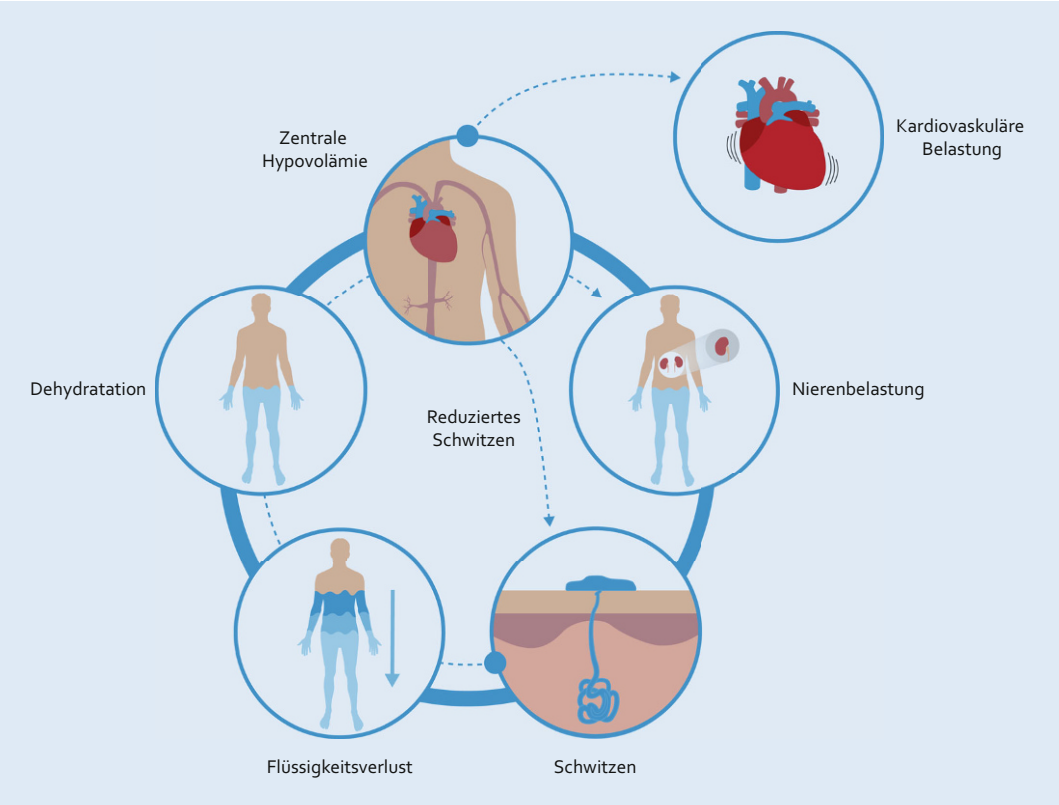


**Abb. 2** ◄ Physiologische Prozesse bei Hitzebelastung, die die Nieren betreffen. (Mod. nach [14])

im Sommer 2003 gehörte die Vorbehandlung mit Diuretika zu den wichtigsten Risikofaktoren für hitzschlagassoziierte Todesfälle [45].

Daher ist es besonders wichtig, Patient:innen, die hitzesensibilisierende Medikamente wie Diuretika einnehmen, entsprechend zu Präventionsmaßnahmen zu beraten und hinsichtlich ihrer Medikamenteneinnahme und ihres Gesundheitszustands engmaschiger zu überwachen. Zudem sollten Diuretikadosis und entsprechende Trinkmengenempfehlungen während Hitzeperioden kritisch überdacht werden.

## Luftverschmutzung, Lufttemperatur und weitere Umweltfaktoren im Zusammenspiel bei Nierenpatient:innen

Klima und Feinstaub sind eng miteinander verbunden [46]. So sind Unterschiede in den Feinstaubkonzentrationen neben Schwankungen in den natürlichen und anthropogenen Emissionsquellen auch auf den Einfluss von Wetter und Witterung zurückzuführen. Durch den mit dem Klimawandel verbundenen Lufttemperaturanstieg verändern sich die atmosphärische Zirkulation sowie das kurzzeitige Wetter- und Witterungsgeschehen. Die damit verknüpften Änderungen in den atmosphärischen Prozessen zum Transport und zur Durchmischung von Luftmassen nehmen Einfluss auf die Prozesse bei der Entstehung von Feinstaub und somit auf die Feinstaubbelastung [47]. Aufgrund der unterschiedlichen Reaktionen von Luftschadstoffkomponenten auf meteorologische Faktoren sind die Auswirkungen der Meteorologie sehr komplex und teilweise noch nicht ausreichend erforscht. Andererseits tragen Luftschadstoffe zum Klimawandel bei, da sie Einfluss auf atmosphärische Prozesse haben.

Nierengesundheit in Assoziation mit Luftschadstoffbelastung wurde bisher noch nicht in den sog. Integrated Science Assessments der US-Umweltbehörde (https://www.epa.gov/isa) auf kausale Zusammenhänge untersucht, jedoch finden immer mehr epidemiologische Studien Hinweise für einen solchen Zusammenhang [48]. Zudem scheinen Patient:innen mit CKD und Nierentransplantatempfänger:innen empfindlicher auf Schadstoffbelastung zu reagieren [49, 50]. Die biologischen Wirkungspfade zwischen der Nierenfunktion, ihren klinischen Endpunkten und der Luftschadstoffbelastung sind allerdings bisher nicht vollständig klar ([51]; siehe dazu auch den Artikel von Ana Rappold in dieser Ausgabe).

Aber auch weitere Umweltfaktoren und Faktoren der gebauten Umwelt zeigen einen Einfluss auf Nierenerkrankungen, wie eine erste Studie aus Taiwan zeigen konnte [52]. Die Maximierung des Landnutzungsmix und der Grünflächen sowie die Minimierung der Intensität der Stadtentwicklung, der Zersiedelung der Städte und des Industrieniveaus könnten laut Shen et al. dazu beitragen, die Rate von Nierenerkrankungen zu senken. Luftverschmutzung, hohe Temperaturen wie auch der Anteil älterer Menschen erhöhten in dieser Studie die Nierenerkrankungsrate, während die Möglichkeit des Zugangs zu medizinischen Ressourcen die Nierenerkrankungsrate verringerte.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass eine reduzierte Krankheitslast durch CKD über eine Verschränkung von effektiver Umwelt-Governance und Präventionsstrategien erreichbar wäre.

Hier steht eine Anzeige.

Springer

**Infobox 1**

**Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin**
Das Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin ist eine im Jahr 2022 ins Leben gerufene Initiative aus Ärzt:innen, Pflege, Katastrophenschutz, Rettungsdiensten und dem Öffentlichen Gesundheitsdienst. Um vulnerable Bevölkerungsgruppen bereits im Sommer des gleichen Jahres zu schützen, wurden eine Warnkette für anstehende Hitzeereignisse implementiert, Musterhitzeschutzpläne für Gesundheitseinrichtungen mit beispielhaften Hitzeschutzmaßnahmen erstellt und Kurzschulungsmaterialien entwickelt.
Die Materialien sind frei verfügbar: https://hitzeschutz-berlin.de

## Die Rolle der Nephrolog:innen

Die Gesundheitsminister:innen der Länder forderten in der gemeinsamen Gesundheitsministerkonferenz (GMK) 2020 die Erstellung von Hitzeaktionsplänen innerhalb eines 5-Jahres-Zeitraums, wobei dafür auch alle relevanten Gesundheitsakteur:innen einbezogen werden sollen [53]. Auch wenn in den letzten Jahren eine Reihe von Initiativen, v. a. in Städten, zur Umsetzung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der Gesundheit [54] in Deutschland gestartet wurde [55], sind bisher sowohl die Kommunen als auch das Gesundheitswesen in Deutschland nur bedingt auf die gesundheitlichen Gefahren durch Hitzewellen vorbereitet [56]. Für den Schutz vulnerabler Bevölkerungsgruppen in einer akuten Hitzesituation spielen der Gesundheitssektor und auch Fachärzt:innen sowohl in Kliniken als auch in Praxen eine essenzielle Rolle. Hitzeschutz ist ärztliche Aufgabe [57], und es ist wichtig, dass Ärzt:innen sich in Vorbereitung auf heißere Sommer und häufigere Hitzewellen über hitzeassoziierte Erkrankungen, ihre Behandlung und Prävention informieren und ggf. auch Kolleg:innen dafür sensibilisieren. Ein Beispiel dafür, wie sich Ärzt:innen aufstellen können, zeigt das „Aktionsbündnis Hitzeschutz Berlin" (siehe Infobox).

Angesichts des erhöhten gesundheitlichen Risikos sowohl für Nierenerkrankungen als auch von Patient:innen mit Nierenerkrankungen bei hohen Temperaturen und während Hitzewellen sind auch Nephrolog:innen gefragt, in dieser Hinsicht Verantwortung zum Schutz vulnerabler Gruppen zu übernehmen und ihre Patient:innen mit Verhaltensempfehlungen zur Vermeidung starker Hitzeexposition und zu einer möglichen Anpassung der Medikation beratend auf den Sommer und auf hohe Temperaturen vorzubereiten [58]. Besonders gefährdete Patient:innen können während Hitzeperioden gesondert kontaktiert und begleitet werden. Bei auftretenden Beschwerden an heißen Tagen und während Hitzewellen sind die spezifischen gesundheitlichen Auswirkungen von Hitze zu bedenken, insbesondere auch im Zusammenspiel mit Luftverschmutzung.

» Nephrolog:innen schützen vulnerable Gruppen durch hitzespezifische Beratung und Behandlung

Niedergelassene Nephrolog:innen können die Umsetzung ausgewählter Hitzeschutzmaßnahmen in der eigenen Praxis prüfen und stationär tätige Ärzt:innen abteilungsspezifische Hitzeschutzpläne oder sogar klinikweite Maßnahmen anregen. Solche Maßnahmen betreffen den Behandlungs- und Praxisablauf, wie beispielsweise das Einbestellen von gefährdeten Patient:innen in den kühleren Morgenstunden während Hitzewellen. Auch weniger investive Maßnahmen in Vorbereitung auf den Sommer wie etwa die Montage von Beschattungsvorrichtungen sind denkbar. Nicht zu vergessen sind bei der Vorbereitung Dialysezentren, die sich beispielsweise auf etwaige Stromausfälle bei extremen Hitzeereignissen vorbereiten müssen.

Da Hitze bereits heute ein Risiko für u. a. Patient:innen mit Nierenerkrankungen darstellt, sind schnell umsetzbare Maßnahmen gefordert. Zum umfassenden Hitzeschutz gehören aber auch investive baulich-technische Maßnahmen in Versorgungseinrichtungen, denen sich langfristig ebenfalls gewidmet werden sollte. Da jedoch davon ausgegangen werden kann, dass die gesundheitliche Belastung durch Hitze in Zukunft zunehmen wird, sind wirkungsvolle Anpassungsmaßnahmen unabdingbar; sie reduzieren späteren Mehraufwand und schützen die eigene Produktivität und Gesundheit.

## Aus-, Fort- und Weiterbildung im Fachbereich

Ein umfassendes Angebot und eine Verankerung von gesundheitlichen Aspekten des Klimawandels sowie Möglichkeiten der Vorsorge und der Anpassung, wie z. B. durch gesundheitlichen Hitzeschutz, in den Curricula der Aus-, Fort- und Weiterbildung für medizinische Berufe sind notwendig [57, 58]. Auch in Facharztpraxen von Nephrolog:innen und in entsprechenden Klinikabteilungen kann die Vermittlung von entsprechendem Fachwissen und Zusammenhängen durch das Angebot von Fortbildungen das Bewusstsein für die Handlungsnotwendigkeit und -optionen schärfen. Dabei sind auch nichtärztliche Berufsgruppen einzubinden, die eine wesentliche Rolle bei Hitzeschutzmaßnahmen übernehmen können.

» Für eine adäquate Handlungsfähigkeit ist die Verankerung in der Aus-, Fort- und Weiterbildung notwendig

Die Ärzt:innenschaft ist gefordert, sich klar zum Hitzeschutz zu bekennen und Hitze eine höhere Priorität einzuräumen. In der Patient:innenversorgung, den Fachgesellschaften, Berufsverbänden und Ärztekammern gehört gesundheitsbezogener Hitzeschutz auf die Agenda.

**Fazit für die Praxis**

- **Mit fortschreitendem Klimawandel kommt es in Deutschland zu mehr heißen Tagen sowie zu häufigeren, längeren und intensiveren Hitzewellen.**
- **Hitze ist mit einem erhöhten Risiko für Morbidität und Mortalität durch Nierenerkrankungen verbunden.**
- **Um vulnerable Patient:innen adäquat vor hitzebedingten Gesundheitsschäden zu schützen, sollten sich Nephrolog:innen über die gesundheitlichen Risiken von Hitze und entsprechende Präventionsmöglichkeiten informieren.**
- **Dabei ist die Einbindung des Themas „gesundheitsbezogener Hitzeschutz" in der Aus-, Fort- und Weiterbildung von Nephrolog:innen wichtig.**

Korrespondenzadresse

**N. Nidens**
KLUG – Deutsche Allianz Klimawandel und Gesundheit e. V.
Cuvrystraße 1, 10997 Berlin, Deutschland
nathalie.nidens@klimawandel-gesundheit.de

**Danksagung.** Die Autorinnen danken Susanne Göttlicher für die Erstellung der Abbildung zu physiologischen Prozessen bei Hitzebelastung.

## Einhaltung ethischer Richtlinien

**Interessenkonflikt.** N. Nidens, V. Huber, F. Matthies-Wiesler und A. Schneider geben an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Für diesen Beitrag wurden von den Autor/-innen keine Studien an Menschen oder Tieren durchgeführt. Für die aufgeführten Studien gelten die jeweils dort angegebenen ethischen Richtlinien.

**Open Access.** Dieser Artikel wird unter der Creative Commons Namensnennung 4.0 International Lizenz veröffentlicht, welche die Nutzung, Vervielfältigung, Bearbeitung, Verbreitung und Wiedergabe in jeglichem Medium und Format erlaubt, sofern Sie den/die ursprünglichen Autor(en) und die Quelle ordnungsgemäß nennen, einen Link zur Creative Commons Lizenz beifügen und angeben, ob Änderungen vorgenommen wurden.

Die in diesem Artikel enthaltenen Bilder und sonstiges Drittmaterial unterliegen ebenfalls der genannten Creative Commons Lizenz, sofern sich aus der Abbildungslegende nichts anderes ergibt. Sofern das betreffende Material nicht unter der genannten Creative Commons Lizenz steht und die betreffende Handlung nicht nach gesetzlichen Vorschriften erlaubt ist, ist für die oben aufgeführten Weiterverwendungen des Materials die Einwilligung des jeweiligen Rechteinhabers einzuholen.

Weitere Details zur Lizenz entnehmen Sie bitte der Lizenzinformation auf http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.de.

## Literatur

1. https://report.ipcc.ch/ar6syr/pdf/IPCC_AR6_SYR_LongerReport.pdf. Zugegriffen: 27. März 2023
2. https://www.pik-potsdam.de/~stefan/Publications/Klima%20und%20Wetter%20bei%203%20Grad%20mehr.pdf. Zugegriffen: 27. März 2023
3. https://climateactiontracker.org/. Zugegriffen: 27. März 2023
4. Robine J-M, Cheung SLK, Le Roy S, van Oyen H, Griffiths C, Michel J-P, Herrmann FR (2008) Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003. C R Biol 331(2):171–178
5. Schär C, Vidale PL, Lüthi D, Frei C, Häberli C, Liniger MA, Appenzeller C (2004) The role of increasing temperature variability in European summer heatwaves. Nature 427(6972):332–336
6. https://www.dwd.de/DE/presse/pressemitteilungen/DE/2022/20220830_deutschlandwetter_sommer2022_news.html. Zugegriffen: 27. März 2023
7. https://www.dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html. Zugegriffen: 27. März 2023
8. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zanobetti A, Schwartz J, Tobias A, Tong S, Rocklöv J, Forsberg B, Leone M, de Sario M, Bell ML, Guo Y-LL, Wu C, Kan H, Yi S-M, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M, Saldiva PHN, Honda Y, Kim H, Armstrong B (2015) Mortality risk attributable to high and low ambient temperature. A multicountry observational study. Lancet 386(9991):369–375
9. Romanello M, Di Napoli C, Drummond P et al (2022) The 2022 report of the lancet countdown on health and climate change. Health at the mercy of fossil fuels. Lancet 400(10363):1619–1654
10. Ghada W, Estrella N, Ankerst DP, Menzel A (2021) Universal thermal climate index associations with mortality, hospital admissions, and road accidents in Bavaria. PLoS ONE 16(11):e259086
11. Karlsson M, Ziebarth NR (2018) Population health effects and health-related costs of extreme temperatures. Comprehensive evidence from Germany. J Environ Econ Manage 91(9):93–117
12. Chersich MF, Pham MD, Areal A, Haghighi MM, Manyuchi A, Swift CP, Wernecke B, Robinson M, Hetem R, Boeckmann M, Hajat S (2020) Associations between high temperatures in pregnancy and risk of preterm birth, low birth weight, and stillbirths. Systematic review and meta-analysis. BMJ 371:m3811
13. Thompson R, Hornigold R, Page L, Waite T (2018) Associations between high ambient temperatures and heat waves with mental health outcomes. A systematic review. Public Health 161:171–191
14. Ebi KL, Capon A, Berry P, Broderick C, de Dear R, Havenith G, Honda Y, Kovats RS, Ma W, Malik A, Morris NB, Nybo L, Seneviratne SI, Vanos J, Jay O (2021) Hot weather and heat extremes. Health risks. Lancet 398(10301):698–708
15. Gasparrini A, Armstrong B, Kovats S, Wilkinson P (2012) The effect of high temperatures on cause-specific mortality in England and Wales. Occup Environ Med 69(1):56–61
16. Royé D, Sera F, Tobías A, Lowe R, Gasparrini A, Pascal M, de'Donato F, Nunes B, Teixeira JP (2021) Effects of hot nights on mortality in southern Europe. Epidemiology 32(4):487–498
17. He C, Kim H, Hashizume M, Lee W, Honda Y, Kim SE, Kinney PL, Schneider A, Zhang Y, Zhu Y, Zhou L, Chen R, Kan H (2022) The effects of night-time warming on mortality burden under future climate change scenarios. A modelling study. Lancet Planet Health 6(8):e648–e657
18. Kuch B (2021) Der Einfluss des Klimawandels auf das Auftreten von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Handlungsansätze und die besondere Herausforderung durch Arzneimittelwechselwirkungen. In: Günster C, Klauber J, Robra B-P, Schmuker C, Schneider A (Hrsg) Versorgungs-Report: Klima und Gesundheit. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin, S 53–62
19. WHO Regional Office for Europe (2011) Public health advice on preventing health effects of heat. New and updated information for different audiences. WHO Regional Office for Europe, Kopenhagen
20. Vicedo-Cabrera AM, Scovronick N, Sera F et al (2021) The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. Nat Clim Chang 11(6):492–500
21. Huber V, Krummenauer L, Peña-Ortiz C, Lange S, Gasparrini A, Vicedo-Cabrera AM, Garcia-Herrera R, Frieler K (2020) Temperature-related excess mortality in German cities at 2 °C and higher degrees of global warming. Environ Res 186:109447
22. Lüthi S, Fairless C, Fischer E, Scovronick N, Armstrong B, Coelho M, Guo YL, Guo Y, Honda Y, Huber V, Kyselý J, Lavigne E, Roye D, Ryti N, Silva SP, Urban A, Gasparrini A, Bresch D, Vicedo-Cabrera A (2022) Rapid increase in the risk of heat-related mortality. Preprint (Version 1). Res Sq. https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2190946/v1
23. Huber V, Peña Ortiz C, Gallego Puyol D, Lange S, Sera F (2022) Evidence of rapid adaptation integrated into projections of temperature-related excess mortality. Environ Res Lett 17(4):44075
24. Herrmann A, Haefeli WE, Lindemann U, Rapp K, Roigk P, Becker C (2019) Epidemiologie und Prävention hitzebedingter Gesundheitsschäden älterer Menschen. Z Gerontol Geriatr 52(5):487–502
25. Liu J, Varghese BM, Hansen A, Borg MA, Zhang Y, Driscoll T, Morgan G, Dear K, Gourley M, Capon A, Bi P (2021) Hot weather as a risk factor for kidney disease outcomes. A systematic review and meta-analysis of epidemiological evidence. Sci Total Environ 801:149806
26. Qu Y, Zhang W, Boutelle A-YM, Ryan I, Deng X, Liu X, Lin S (2022) Associations between ambient extreme heat exposure and emergency department visits related to kidney disease. Am J Kidney Dis 81(5):507-516.e1
27. Remigio RV, Jiang C, Raimann J, Kotanko P, Usvyat L, Maddux FW, Kinney P, Sapkota A (2019) Association of extreme heat events with hospital admission or mortality among patients with end-stage renal disease. JAMA Netw Open 2(8):e198904
28. Chu L, Chen K, Crowley S, Dubrow R (2023) Associations between short-term temperature exposure and kidney-related conditions in New York State. The influence of temperature metrics across four dimensions. Environ Int 173:107783
29. Wen B, Xu R, Wu Y, Coêlho MSZS, Saldiva PHN, Guo Y, Li S (2022) Association between ambient temperature and hospitalization for renal diseases in Brazil during 2000–2015. A nationwide case-crossover study. Lancet Reg Health Am 6:100101
30. Sawka MN, Montain SJ, Latzka WA (2001) Hydration effects on thermoregulation and performance in the heat. Comp Biochem Physiol Part A Mol Integr Physiol 128(4):679–690
31. Thongprayoon C, Qureshi F, Petnak T, Cheungpasitporn W, Chewcharat A, Cato LD, Boonpheng B, Bathini T, Hansrivijit P, Vallabhajosyula S, Kaewput W (2020) Impact of acute kidney injury on outcomes of hospitalizations for heat stroke in the United States. Diseases 8(3):28
32. Leon LR, Bouchama A (2015) Heat stroke. Compr Physiol 5(2):611–647
33. Satirapoj B, Kongthaworn S, Choovichian P, Supasyndh O (2016) Electrolyte disturbances and

risk factors of acute kidney injury patients receiving dialysis in exertional heat stroke. BMC Nephrol 17(1):55
34. Tseng M-F, Chou C-L, Chung C-H, Chen Y-K, Chien W-C, Feng C-H, Chu P (2020) Risk of chronic kidney disease in patients with heat injury. A nationwide longitudinal cohort study in Taiwan. PLoS ONE 15(7):e235607
35. Sasai F, Roncal-Jimenez C, Rogers K, Sato Y, Brown JM, Glaser J, Garcia G, Sanchez-Lozada LG, Rodriguez-Iturbe B, Dawson JB, Sorensen C, Hernando AA, Gonzalez-Quiroz M, Lanaspa M, Newman LS, Johnson RJ (2023) Climate change and nephrology. Nephrol Dial Transplant 38(1):41–48
36. Fakheri RJ, Goldfarb DS (2011) Ambient temperature as a contributor to kidney stone formation. Implications of global warming. Kidney Int 79(11):1178–1185
37. Lotan Y, Daudon M, Bruyère F, Talaska G, Strippoli G, Johnson RJ, Tack I (2013) Impact of fluid intake in the prevention of urinary system diseases. A brief review. Curr Opin Nephrol Hypertens 22(Suppl 1):S1–S10
38. Chawla LS, Eggers PW, Star RA, Kimmel PL (2014) Acute kidney injury and chronic kidney disease as interconnected syndromes. N Engl J Med 371(1):58–66
39. Glaser J, Lemery J, Rajagopalan B, Diaz HF, García-Trabanino R, Taduri G, Madero M, Amarasinghe M, Abraham G, Anutrakulchai S, Jha V, Stenvinkel P, Roncal-Jimenez C, Lanaspa MA, Correa-Rotter R, Sheikh-Hamad D, Burdmann EA, Andres-Hernando A, Milagres T, Weiss I, Kanbay M, Wesseling C, Sánchez-Lozada LG, Johnson RJ (2016) Climate change and the emergent epidemic of CKD from heat stress in rural communities. The case for heat stress nephropathy. Clin J Am Soc Nephrol 11(8):1472–1483
40. Fischer RSB, Vangala C, Mandayam S, Chavarria D, García-Trabanino R, Garcia F, Garcia LL, Murray KO (2018) Clinical markers to predict progression from acute to chronic kidney disease in mesoamerican nephropathy. Kidney Int 94(6):1205–1216
41. Flouris AD, Dinas PC, Ioannou LG, Nybo L, Havenith G, Kenny GP, Kjellstrom T (2018) Workers' health and productivity under occupational heat strain. A systematic review and meta-analysis. Lancet Planet Health 2(12):e521–e531
42. Pearce N, Caplin B (2019) Let's take the heat out of the CKDu debate. More evidence is needed. Occup Environ Med 76(6):357–359
43. Sachverständigenrat zur Begutachtung der Entwicklung im Gesundheitswesen (2023) Resilienz im Gesundheitswesen. Wege zur Bewältigung künftiger Krisen. Gutachten 2023. Medizinisch Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Berlin
44. Layton JB, Li W, Yuan J, Gilman JP, Horton DB, Setoguchi S (2020) Heatwaves, medications, and heat-related hospitalization in older Medicare beneficiaries with chronic conditions. PLoS ONE 15(12):e243665
45. Misset B, de Jonghe B, Bastuji-Garin S, Gattolliat O, Boughrara E, Annane D, Hausfater P, Garrouste-Orgeas M, Carlet J (2006) Mortality of patients with heatstroke admitted to intensive care units during the 2003 heat wave in France. A national multiple-center risk-factor study. Crit Care Med 34(4):1087–1092
46. von Schneidemesser E, Monks PS, Allan JD, Bruhwiler L, Forster P, Fowler D, Lauer A, Morgan WT, Paasonen P, Righi M, Sindelarova K, Sutton MA (2015) Chemistry and the linkages between air quality and climate change. Chem Rev 115(10):3856–3897

**Abstract**

## Climate change up close: heat waves. Implications and prevention

**Background:** Increasing temperature extremes and heat waves represent two of the most important climate change-related health risks for people in Germany. They have an impact on mortality and morbidity, the course of pregnancy and mental health. Particularly vulnerable populations include old people, individuals with pre-existing diseases, infants, pregnant women, and people undertaking hard physical work or engaging in sports outdoors. Although the majority of heat-related deaths can be attributed to cardiovascular and respiratory diseases, kidney-related deaths are also possible.
**Objective:** During heat waves, the risk for kidney-related morbidity and mortality increases. Acute kidney injuries, urolithiasis, electrolyte imbalances and urinary tract infections particularly occur. Chronic kidney diseases are also discussed as a possible consequence of climate change. The combination of heat, air pollutants and other environmental factors represents a particular burden for patients with kidney diseases.
**Conclusion:** Nephrologists can make a significant contribution to the protection of vulnerable patients through heat-specific counselling and treatment. It is therefore important that nephrologists inform and educate themselves accordingly, so that they can adequately implement heat protection measures for the protection of patients and personnel in practices and hospitals.

**Keywords**
Temperature extremes · Vulnerable populations · Kidney diseases · Health-related heat protection measures · Health risk

47. Im U, Geels C, Hanninen R, Kukkonen J, Rao S, Ruuhela R, Sofiev M, Schaller N, Hodnebrog Ø, Sillmann J, Schwingshackl C, Christensen JH, Bojariu R, Aunan K (2022) Reviewing the links and feedbacks between climate change and air pollution in Europe. Front Environ Sci 10:e1002599
48. Ye J-J, Wang S-S, Fang Y, Zhang X-J, Hu C-Y (2021) Ambient air pollution exposure and risk of chronic kidney disease. A systematic review of the literature and meta-analysis. Environ Res 195:110867
49. Feng Y, Jones MR, Ahn JB, Garonzik-Wang JM, Segev DL, McAdams-DeMarco M (2021) Ambient air pollution and posttransplant outcomes among kidney transplant recipients. Am J Transplant 21(10):3333–3345
50. Feng Y, Jones MR, Chu NM, Segev DL, McAdams-DeMarco M (2021) Ambient air pollution and mortality among older patients initiating maintenance dialysis. Am J Nephrol 52(3):217–227
51. Rasking L, Vanbrabant K, Bové H, Plusquin M, de Vusser K, Roels HA, Nawrot TS (2022) Adverse Effects of fine particulate matter on human kidney functioning. A systematic review. Environ Health 21(1):24
52. Shen Y-S (2022) Multiple pathways and mediation effects of built environment on kidney disease rate via mitigation of atmospheric threats. Sci Total Environ 833:155177
53. https://www.gmkonline.de/Beschluesse.html?id=1018&jahr=2020. Zugegriffen: 22. März 2023
54. Bund/Länder Ad-hoc Arbeitsgruppe Gesundheitliche Anpassung an die Folgen des Klimawandels (2017) Handlungsempfehlungen für die Erstellung von Hitzeaktionsplänen zum Schutz der menschlichen Gesundheit. Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz 60(6):662–672. https://doi.org/10.1007/s00103-017-2554-5
55. https://www.hs-fulda.de/fileadmin/user_upload/FB_Pflege_und_Gesundheit/Forschung___Entwicklung/Klimawandel_Gesundheit/Arbeitshilfe_zur_Entwicklung_und_Implementierung_eines_Hitzeaktionsplans_fuer_Kommunen_21.03_final.pdf. Zugegriffen: 22. März 2023
56. https://www.klimawandel-gesundheit.de/wp-content/uploads/2021/10/20211020_Lancet-Countdown-Policy-Germany-2021_Document_v2.pdf. Zugegriffen: 22. März 2023
57. Böse-O'Reilly S, Matthies-Wiesler F, Hellmann A, Ritterhoff J, Julia S, Matzarakis A (2023) Vermeidung gesundheitlicher Folgen von Hitzebelastung als Querschnittsaufgabe im Gesundheitswesen (eingereicht)
58. Matthies-Wiesler F, Nidens N, Karrasch S, Schneider A (2023) Auswirkungen von hohen Außentemperaturen und Hitzewellen auf Lungenerkrankungen. Rolle von Pneumolog:innen beim gesundheitlichen Hitzeschutz. Z Pneumol 19(1):130